

科學圖書大庫

電子設備製作基礎

(印刷電路製裝·電子組件·電子電路圖)

主編 邢福文 譯者 楊宗勳 戴建耘 曾嘉影

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

電子設備製作基礎

(印刷電路製裝·電子組件·電子電路圖)

主編 邢福文 譯者 楊宗勳 戴建耘 曾嘉影

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有

不許翻印

中華民國六十七年七月十八日初版

電子設備製作基礎

(印刷電路製裝·電子組件·電子電路圖)

基本定價 2.40

主編 邢福文 國立師範大學兼任副教授
楊宗勳

譯者 戴建耘 國立師範大學工業教育系
曾嘉影

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686號
發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第15795號
承印者 大原彩色印製企業有限公司 台北市西園路2段396巷19號
電話：3611986·3813998

我們的工作目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，尤為社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啓發，始能為蔚為大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啓導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尚有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員王洪鎰氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。為欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尙在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掬誠呼籲：

自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建

設之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。尙祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

譯 序

自電晶體問世以來，電子設備發展蓬勃，廣泛引起電機從業人員及業餘人員的興趣。

徐氏基金會有鑑於此，乃在國外收集到極受大眾歡迎的電子設備製作基礎書籍三冊

- (1) Printed circuit assembly
- (2) Electronic diagrams
- (3) Electronic components

囑中譯以介紹給國內電子愛好者。

很多極有價值的科學發現，乃由業餘者所發現，故業餘電子人員是電子工程界的一種龐大力量，上述三冊書，是業餘電子人員的良好參考資料，因其皆為電子設備之製作基礎，故將之合併而定名如扉頁。

因近來公務較忙，乃邀請楊宗勳、戴建耘、及曾嘉影三先生協助譯此書，三氏皆是電子設備的愛好者，譯筆亦甚流暢，其譯稿皆經本人予以潤飾，修正，未敢掠美，謹作說明如上。

雖然三位譯筆慎重，且經本人修正潤飾，但仍恐有疏漏之處，敬請方家不吝賜教，以便再版時修正。

邢福文 謹誌

原序(一)——印刷電路製裝

印刷電路在收音機、電視機和其他電子裝備中是最通用的裝配方法，實用且相當藝術化；對設計者和製造者不但是種獨特的挑戰，也是技巧和耐心的象徵。

對某些人，印刷電路可能阻嚇了進步，對其餘某些人，却是輕而易舉之事。現在比十年前增多了不需精細裝備的製造印刷電路板方法；有經驗的人會感到容易，初學者也不會感到困難。總之，從工業製造程序中所得到的觀念應用在你自己的少量工作上將可增進你的技術。

細心、耐心和熟練才能得到最好的結果，本書的安排是希望減少可能犯的錯誤，重要的部份都用黑體字表示；所強調的都是對實際工作有幫助的部份，但材料方面就只能作為製作者的參考。

印刷電路的製作裝配好比是種將理論轉換成實際，用工具和材料所組成沒有一定規則的比賽，將所得到的獎品是件藝術作品。

書中描述了许多不同的工業生產方法，準備本書時得到許多廠商的插圖和說明，對他們這種支持我們謹此表示最誠摯的感謝。

目 錄

譯 序

原序(一)—印刷電路製裝

1. 印刷電路製裝

- 1-1 為何及如何使用印刷電路..... 1
- 1-2 板料和特性..... 9
- 1-3 印刷電路配線..... 14
- 1-4 製作技巧..... 26
- 1-5 零件的安裝..... 33
- 1-6 生產技術..... 41
- 1-7 改良的專用電路板... 45
- 1-8 附 錄..... 52

原序(二)—電子組件

2. 電子組件

- 2-1 起 步..... 57

- 2-2 電阻器和變阻器..... 63
- 2-3 電容器..... 80
- 2-4 電感器和變壓器..... 91
- 2-5 半導體裝置..... 101
- 2-6 積體電路..... 112
- 2-7 電子的機械裝置..... 117
- 2-8 附 錄..... 126

原序(三)—電子電路圖

3. 電子電路圖

- 3-1 電線的認識..... 133
- 3-2 被動組件的認識..... 139
- 3-3 電磁設備..... 146
- 3-4 半導體裝置..... 155
- 3-5 熱離子管與冷陰極管 164
- 3-6 精體電路..... 170
- 3-7 轉換器和各式各樣的符號 179
- 3-8 黑箱子與方塊圖..... 186
- 3-9 電路圖形的布置..... 199

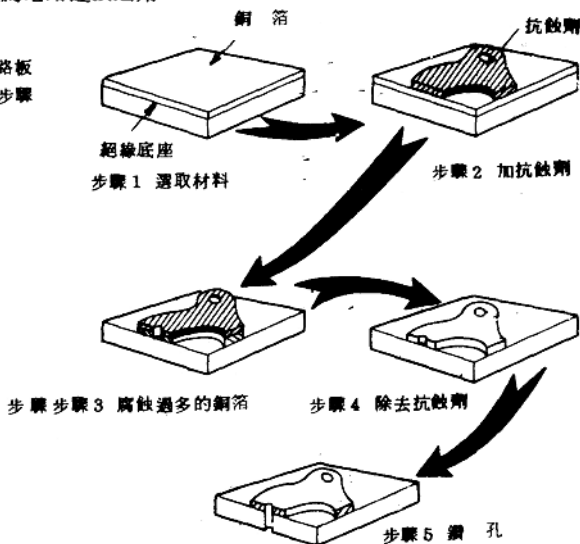
1.印刷電路製裝

1-1 為何及如何使用印刷電路

雖然本書的主題是說明電子裝備中印刷電路的製作裝配及使用，但在討論如何設計、製裝前值得先說明一些有用但不常應用的技巧。業餘者常認為印刷電路只是傳統接線法的代用品罷了！事實上，印刷電路有許多特殊且藝術化的功能，可應用於許多傳統接線法所不能達成的作用。

印刷電路板的原理是使電流及訊號通過一塊稱為基板上的銅箔；基板製造時已在一面或兩面皆佈滿銅箔，預先設計好的模型將不要的部份除去，留下來的銅箔則作為電路連接之用。

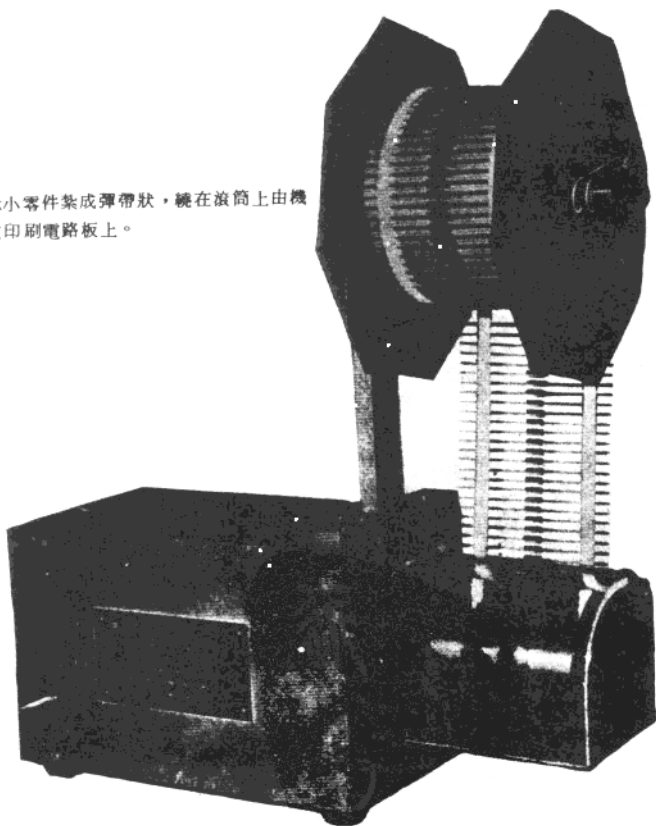
圖1 單面印刷電路板製裝的五個步驟



通常除去不要部份的腐蝕方法是將需要的銅箔部份覆蓋一層“抗蝕”劑，再用酸性溶液腐蝕不要的部份。

印刷電路中“印刷”二字係指在腐蝕前將需要的部份做成印刷模型，然而現在這兩字已被廣泛採用為各種抗蝕方法的總稱而不單指印刷模型。綑印及機器綑印為常用的方式，因在大量製造中較為經濟、有效；從專業觀點看來，採用了正確的設計，則可生產許多精確的印刷電路板，無疑地，這是種

照片中顯示小零件紮成彈帶狀，繞在滾筒上由機器自動裝在印刷電路板上。



很大的吸引力；業餘上的應用和改進可以學習到許多知識與經驗。現代的收音機、電視機和其他電子裝備採用印刷電路，除了可靠且易生產外還有許多的方便。

大多數的零件都可以很結實而理想地安裝在印刷電路板上（見圖2），而避免不良的“鳥窩”式接法。對易發熱零件的安排及良好的接線方法可避免麥克風高頻雜音，寄生現象也可以改善。

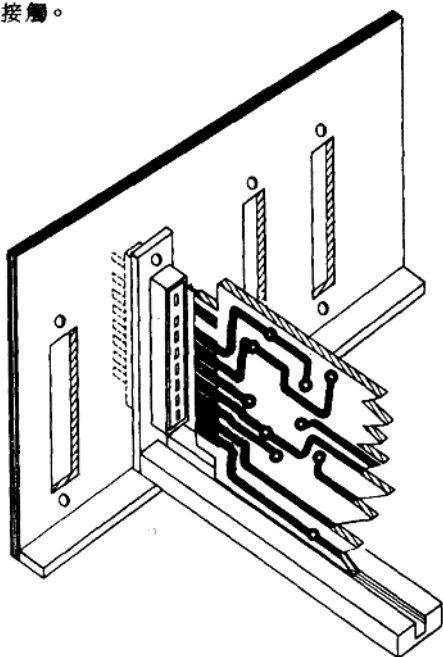
實用上的單面銅箔印刷電路板的生產技術是：將零件排列在有黏性的雙帶（彈帶狀）機器，送入另一切除過長引線並彎成正確形狀的機器，再自動送入正確位置用波焊法焊牢。



圖2 一個兩極緩衝放大器的零件面和底面銅箔的圖示；沒有經驗的製作者也可以做。

波焊法是將印刷電路板放在焊錫槽上一個短距離，再用造波裝置使溶化的焊錫衝擊銅箔面，焊錫將黏附在凸出的銅箔，多餘的焊錫將落回槽內，使絕緣部份沒有導致短路的金屬接觸。

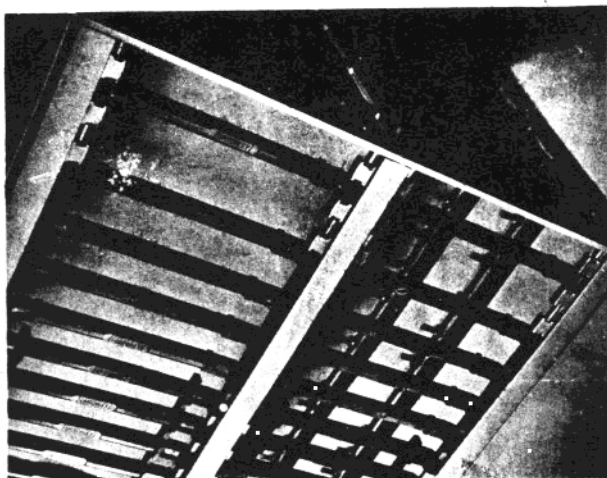
■ 3 模型化系統的基本部份。多路連接器都樹立在嵌板上，印刷電路板由導槽插入連接器。通常與連接器接觸的銅箔都鍍金以得到低的接觸電阻，但實驗性工作常省略。



零件系統除了積體電路的簡化外，佈置的技巧也較優良；在零件面標示了號碼，不但檢修容易同時也簡化修護手冊的安排，電路的實體圖可很容易繪出。

複雜的電路可依功能區分佈置在許多塊板上或集中在一、二塊板上，架設在機箱主框內用連接器連接（見圖 3）。這種容易的置換方法使修護人員可以很容易找出錯誤。

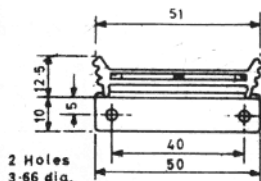
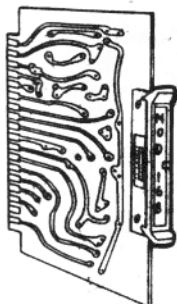
現代已經能將導線製造在柔軟可彎曲的塑膠薄膜內，在不到 2.5 公分寬，一張紙厚的塑料膜內可有一打或更多的導線，許多層薄膜可合在一起而分別彎向所需的位置。



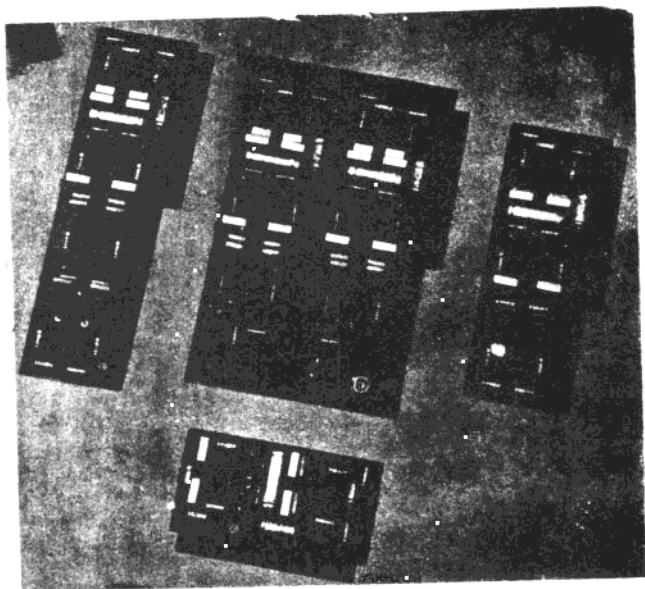
用到許多印刷電路板的模型化系統爲了便於組合和修護，可樹立在有許多嵌格的架箱內；這張照片是Critchley 公司打開密封所拍攝的，可調節適應各種不同尺寸的板，便於連接器及電纜的直接運用。

以製造廠商的觀點，印刷電路板最誘人的是可做爲小零件的支持物，除了外殼不再需要金屬加工；大多數的電路可先標好零件位置，避免了一點一點連接可能產生的錯誤，完成後的成品是件精巧整潔的藝術品。

便於取換印刷電路板的
卡式手柄。



有許多場合，電路的每一級是由一群相似零件組成，因此有不少標準電路板供應，可免去製作印刷電路板的麻煩；這些標準板有許多安排好適合電晶體或積體電路的銅箔，對於不挑剔佈署的實驗性工作很有用，但仍比不上腐蝕的電路板來得永久、可靠。



二聲道和四聲道控制電路印刷板的商品照片。銅箔可透過半透明的玻璃纖維板。與連接器接觸部份都鍍上金箔。照片中亦可看出導線僅經過周圍和中央，零件僅排列成兩種方向，這些安排都適合維護和更換零件。

製造廠商可以從各種雜誌發表的電路設計上了解；複雜或使用積體電路導致印刷電路愈來愈進步，許多情況下不用印刷電路就不可能製造出產品。本書就是說明及幫助解決製作印刷電路板可能遭遇的困難，以後的幾章將說明最簡單的技术使用精密照相製板的方法。

難 題

很遺憾，印刷電路板現仍存在一些不可避免的阻礙；銅箔的寬度限制了電流量的大小；零件在焊接後不易拆除，尤其是使用積體電路，解決這問題最聰明的辦法是採用適合這些零件的插座；雖然會增加一些費用，却可減少檢修及更換的時間和因故障引起的火花。

對於經驗不多的製作者，常見的困難是接線兩端必須穿過其銅箔，常用的方法是：在零件面用導線連接兩端。事實上大部份的電路只要有經驗及小心計劃是不必採用這種跳接法。

大量使用積體電路的邏輯電路系統中，由於電路的複雜與封閉而不得不常使用跳接線；結果影響了外觀，造成錯誤的來源並且是一道額外的手續。

工業生產中已經採用了雙面銅箔來克服這問題，使積體電路零件密度可以增高而不用跳接線；當然需要小心地計劃使兩面的銅箔吻合，但這需要往往阻止了業餘者使用雙面板。

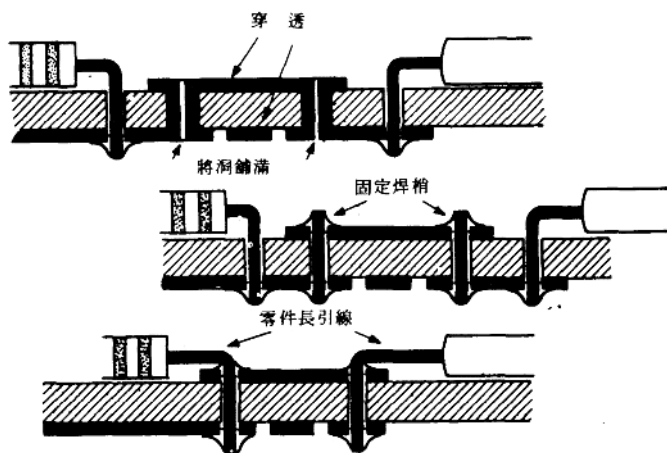


圖4 最上圖所採用的“穿透連接”法在雙面板中常用到，業餘人士可能不容易做到，但可採用底下二圖的變通辦法。

雙面板並不是完全沒有問題；有時無法單靠零件引線連接兩面的銅箔，

這時就得在需要的位置鑽孔，再用電解法在洞的內壁上鍍上銅，直接或用焊梢連接，這就是所謂的“鋪洞法”（見圖4）。這種方法的益處是仍可使用波焊法，但除非有把握是不採用的。

某些廠商喜歡使用鳩目，這種有如縮小的鉚釘作為鋪洞的代用品；使用時係將鳩目緊塞入洞中與兩邊的銅箔接觸，雖然頂端必須作額外的焊接，但這可能是目前較好的方法。

另一個連接兩邊銅箔的方法是用零件本身的引線，業餘者的立場看來這應是最方便的方法，但必須注意在兩面都得焊牢；通常零件的引線都不長，由電烙鐵所生的熱會傳至內部造成損壞，這時可採用焊梢，插入洞內的焊梢必須兩邊都焊牢；上面所說的方法第四圖中都表示了。

有人可能會覺得印刷電路應用的範圍不廣，但事實上本書所描述的方法可用到許多方面。銅腐蝕的方法在藝術造型方面已使用了好幾世紀，電子工程方面的應用更使業餘者能充分利用廉價的零件進展到更複雜、更具挑戰性的境界。本書以下數章的目的在于使讀者對銅腐蝕這種頗具藝術性工作方面有些基本技術；但像其他技術一樣，經驗才能使技術純熟，所以請別拖延您的嚐試。

1-2 板料和特性

印刷電路板的構造是由附有銅箔面的絕緣板組成，單面板和雙面板的區分即是有一面或兩面的銅箔。電路板的接線方法是將不要的銅箔腐蝕除去，再利用零件組合成整個電路。

對多數人基板的專業特性不需提到太多，但了解銅箔的載流特性是必須的。流經窄且薄銅箔的電流過大時，銅箔電阻會影響電路作用，更糟的情況是過熱使銅箔脫落。本章的目的在強調一些最重要的電路板特性使無經驗的製作者了解影響設計的因素；圖 5 到圖 9 表示了一些必須計算的地方。

在積壓黏合前一張張原始的板料



基板的製法是採用很穩定的絕緣材料如紙、玻璃纖維等經過特殊處理、積壓後用樹脂黏合而成；通常紙類是用酚甲醛樹脂或環氧樹脂黏合，玻璃纖